الفصل السادس

تلوث التربة

- مقدمة
- تلوث التربة
- تكوين الطفلة
- التجويه الطبيعية
- التجويه الكيميائية
- المواد العضوية
- مصادر تلوث التربة
- ملوثات التربة
- الملوثات غير العضوية
- الملوثات العضوية
- الخواص البيئية لملوثات التربة
- البدائل المختلفة لعملية تنظيف التربة من الملوثات

مقدمة

يتكون الجزء اليابس لسطح الأرض من ثلاثة أجزاء هى التربة والصخور والكائنات الحية. والتربة تمثل حوالى 80% من اليابسة وهى الطبقة الرقيقة المفككة التى تتكون من مواد ذات حجم دقيق ومساحة سطح كبيرة وهى الأكثر تعرضا للماء والهواء والعوامل البيئية. لذلك فإن كيمياء الجزء اليابس من الأرض ترتبط بدرجة كبيرة بكيمياء التربة التى تؤثر على طبيعة وكمية العناصر التى تنقل من التربة أو إليها.

وحيث أن التربة هى حلقة الوصل بين الغلاف المائى والغلاف الجوى وهى الوسط الأساسى لنمو النباتات التى يتغذى عليها الإنسان والحيوان (أكثر من 95% من غذائنا يأتى من التربة) وهى المكان الذى يعيش عليه الإنسان ويمارس أنشطته المختلفة. فإن تلوث التربة يؤثر بطريقة مباشرة أو غير مباشرة على الإنسان والحيوان ويؤدى إلى اختلال التوازن فى معظم الأنظمة البيئية الأخرى.

لذلك فإن مشكلة تلوث التربة من المشاكل الأساسية التى يجب دراستها وإدارتها من قبل حكومات الدول فضلا عن العلماء والباحثين خصوصا وأنها تزداد يوما بعد يوم وتتنوع باختلاف المواد الكيميائية والمبيدات الحشرية والمخصبات الزراعية التى يستخدمها الإنسان فى التربة.

مكونات التربة Soil Components

يرتبط تلوث التربة ارتباطا كبيرا بمكوناتها وتتكون التربة من خمسة عناصر أساسية هى الهواء والماء والكائنات الحية والمواد المعدنية (الطفلة والرمل والطمى) والمواد العضوية. وحيث أن الطفلة والمواد العضوية من أهم مكونات التربة فسوف نتحدث عنهما باختصار كما يلى:

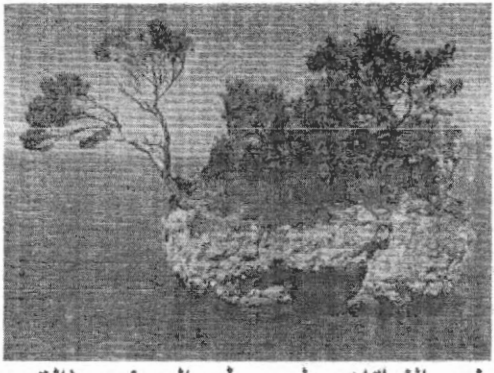
أولا: تكوين الطفلة Clay

تتكون الطفلة اساسا من سيليكات الألومونيوم التى تحتوى على كميات مختلفة من عناصر غذاء النبات مثل البوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم والحديد وتعتبر الطفلة من المواد الأساسية التى تزيد من خصوبة التربة لأنها مركب يحمل شحنة سالبة تقوم بجذب الكاتيونات الموجبة لعناصر الغذاء المذكورة أعلاه مما يؤدى إلى زيادة نسبة توافرها فى التربة. وقد تكونت الطفلة بالتجويه (weathering). وتنقسم التجويه إلى نوعين، وهما: التجويه الطبيعية والتجويه الكيميائية.

أ- التجوية الطبيعية Natural Weathering

تحدث عن طريق إذابة الجليد وتمدد الصخور بسبب ارتفاع درجات الحرارة يؤدى إلى حدوث ضغط فى الصخور ناتج عن تشققاتها التى تترسب فيها الأملاح

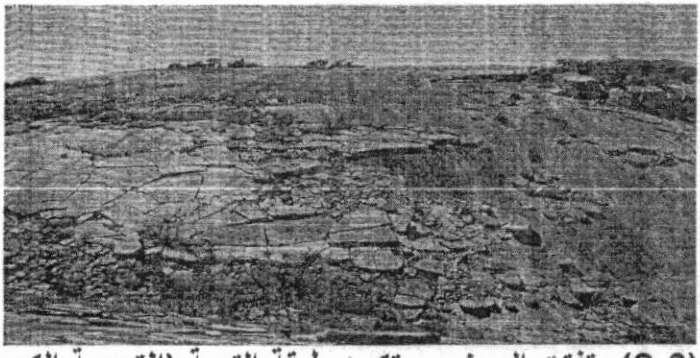
مؤدية إلى انفلاقها وانحلالها إلى جزيئات دقيقة تتكون على أسطح الصخور تعرف بالطفلة والتى تنقل بفعل الرياح والمياه مكونه طبقة التربة. وقد تنمو النباتات على طبقة الطفلة الموجودة على أسطح الصخور نتيجة لتوفر المواد الغذائية بها. ولكن انتقال الطفلة إلى طبقة الأرض يزيد من خصوبتها ويؤدى إلى زيادة معدل نمو النباتات كما يتضح من الشكل (6-1).



شكل (6-1): نمو النباتات علي سطح الصخور (التجوية الطبيعية)

ب- التجوية الكيميائية Chemical weathering

أثناء حدوث التجويه الطبيعية للصخور فإن هناك عدة تفاعلات كيميائية تحدث إما بفعل البكتريا والطحالب أو بدونهما مؤدية أيضا إلى تفتت الصخور لتكون طبقة التربة وهو ما يعرف بالتجويه الكيميائية وهناك ثلاثة أنواع من هذه التفاعلات هى التحلل المائى Hydrolysis وهو الذى يكون فيه الماء متفاعل أساسى وفيه يتم تحلل الصخر النارى (ارثوكلاس) إلى طفلة مشبعة بالمواد المعدنية.



شكل (6-2): تفتت الصخور وتكون طبقة التربة (التجوية الكيميائية)

وتفاعلات المرتبطات (المخلبية) Chelation وفيها يتم تكوين مركبات عضوية معقدة لها قدرة كبيرة على الذوبان فى الماء وقد تكونت نتيجة التفاعل بين فلزى الألومونيوم أو الحديد وبين الايونات الناتجة من التفاعلات البيولوجية المرتبطة بتحليل النباتات والميكروبات.

وتفاعلات الأكسدة والاختزال وفيها يتم فقد أو اكتساب لالكترونات المعدن الموجود فى الصخر ينتج عنها نوع من الطفلة.

وبذلك يتضح أن التجويه الطبيعية والكيميائية قد تحدث تلقائيا أو فى تتابعات متداخلة وتؤثر فى بعضها البعض مؤدية إلى تكوين مادة الطفلة التى تمثل 95% من مكونات التربة.

ثانيا: المواد العضوية Organic Matter

تمثل المواد العضوية حوالى 5% من التربة وهى التى تكونت نتيجة لتحلل كلا من أنسجة النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة الموجودة فى طبقات سطح تربة الغابات وذلك بفعل البكتريا والطحالب أو العمليات الكيميائية. وتعتبر هذه المواد العضوية من المواد الأساسية المستخدمة فى تسميد التربة. ومن الجدير بالذكر أن تربة المناطق الصحراوية تحتوى غالبا على مواد غير عضوية وذلك لعدم وجود كائنات حية قابلة للتحلل.

مصادر التربة

المصادر التى ينتج عنها تلوثا للتربة كثيرة ولا يمكن حصرها ولكن من أهم هذه المصادر ما يلى:

(1) العمليات الصناعية المختلفة

ازدياد حاجة الإنسان إلى مواد جديدة فى حالات مختلفة والى مزيد من الرفاهية فى الحياة أدى إلى إنشاء المصانع المختلفة التى تستخدم فى صناعات عديدة مثل الصناعات الكيميائية وعمليات تكرير زيت البترول وطرق حفظ الأخشاب وصناعتها ومحطات إمدادات الغاز والكهرباء وعمليات استخلاص المعادن والفحم من المناجم وعمليات إلغاء النفايات وإعادة تدويرها وعمليات دابغة للجلود.

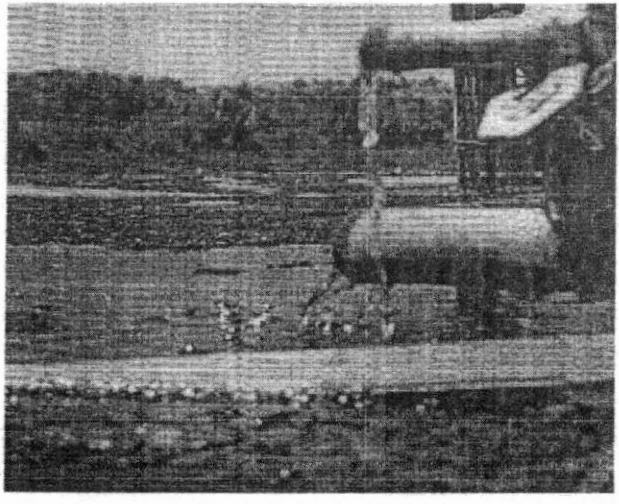
(2) الأنشطة الزراعية المتنوعة

من الأنشطة الزراعية المختلفة عمليات تخزين واستعمال الكيمياويات الزراعية والمبيدات الحشرية والمحاصيل التى تستخدم لغمس المواشى لقتل الجراثيم والمخصبات الزراعية.

(3) الأنشطة المحلية والمدنية

من هذه الانشطة إزالة المخلفات الصلبة ومخلفات الصرف الصحى (السائلة والصلبة) ومخلفات المزارع وعوادم السيارات واستخدام المواد الكيميائية للاغراض المنزلية، واستخدام البراميل والخزانات المصنوعة من المواد المختلفة لتخزين النفايات والمواد البترولية تحت الارض.

وتلوث التربة ينتج عن وصول المواد الكيميائية إليها من المصادر السابقة، أو عن طريق الصرف الصناعى والزراعى، أو سوء استخدام الفائض من هذه المواد، أو بحدوث تسرب لهذه المواد الكيميائية الى التربة بسبب الحوادث داخل المصانع، أو من الخزانات الموجودة فى باطن الارض لتخزين النفايات.



شكل (6-3): تلوث التربة نتيجة إلقاء مخلفات الصرف الصحي والصناعي بها

فعلى سبيل المثال: يحدث تلوث للمياه وللتربة بكلا من الزئبق وسيانيد الصوديوم، المستخدمان فى استخراج الذهب من المناجم، وأثناء صهر المعادن تنتج أبخرة حمض الكبريتوز التى تسبب سقوط الأمطار الحمضية التى تلوث كلا من المياه والتربة. وتسرب المواد الكيميائية أو الزيوت البترولية من البراميل والخزانات المستخدمة لتخزين النفايات – فى بعض الدول – يحدث بسبب حدوث الصدأ والتآكل أو حدوث بعض الشروخ فى هذه الخزانات مما يؤدى الى تلوث التربة. وكذلك تسرب المواد الكيميائية بالترشيح من تربة الاماكن المستخدمة كمقالب للقمامة الى التربة المجاورة. الافراط فى استخدام المبيدات الحشرية والمخصبات الزراعية يؤدى الى وجود فائض فى التربة بواسطة النباتات يتم ترسيبه فى التربة

مما يؤدى الى تلوثها. والجدول (6-1)، يوضح أهم مصادر التلوث وأهم الملوثات العضوية وغير العضوية الناتجة عنها.

جدول (6-1): أهم مصادر التلوث وأهم الملوثات العضوية وغير العضوية الناتجة عنها.

م	المصادر الملوثة للتربة	الملوثات الناجمة
ا	المركبات العضوية من البترول	بنزين – اثيل البنزين – طولين – ألكانات – الكينات
2	تسرب المذيبات وعوامل المنظفات الجافة	الاسيتون – ثلاثى كلورو الايثلين الفورمالدهيد وبيركلورو الايثلين
3	رشح تربة الأماكن المستخدم لمقالب الزبالة	الرصاص – الزئبق – الكروم – الكادميوم – المواد الهيدروكربونية والبكتريا
4	تخلل المبيدات الحشرية الزائدة إلى التربة	د.د.ت –المواد العضوية المحتوية على الكلور والمواد العضوية المحتوية على الفوسفات دايين الحلقى
5	ترسيب الأتربة عن صهر المعادن وحرق الفحم	الزنك – الكادميوم – الرصاص – الزئبق
6	رشح المحولات الكهربائية	2-ثنائى الفينولات عديدة الكلور ب.س.ب ($P.C.B_2$)

ومن الجدول السابق، يتضح أن معظم العمليات الصناعية والأنشطة اليومية التى يقوم بها الإنسان يمكن أن تتسبب فى تلوث التربة إذا تمت بدون أخذ الاحتياطات اللازمة لذلك.

ملوثات التربة

تنقسم ملوثات التربة إلى نوعين هما الملوثات غير عضوية والملوثات العضوية، وسوف نذكر بعضا من أهم هذه الملوثات.

أولا: الملوثات غير العضوية

أ- الزرنيخ

هو عنصر كيميائى يوجد طبيعيا فى التربة هذا العنصر نادرا ما يوجد منفردا فى الطبيعة لكن دائما يوجد متحدا مع واحد أو أكثر من العناصر مكونا مركبات غير عضوية عندما يتحد مع الأكسجين أو الكلورين أو الكبريت ويكون مركبات عضوية عندما يتحد مع الكربون والهيدروجين وقد وجد أن مركبات الزرنيخ العضوية أقل سمومية من مركبات الغير العضوية.

استخدامات الزرنيخ

يستخدم الزرنيخ بنسبة 74% فى المواد المستخدمة فى حفظ الأخشاب وبنسبة 19% فى المنتجات الزراعية وفى الزجاج بنسبة 3% وفى السبائك الغير معدنية بنسبة 2%.

تأثير الزرنيخ على الإنسان

بالإضافة إلى ما ذكر عن أعراض التسمم بالزرنيخ فى باب تلوث المياه" فإنه عند وجود الزرنيخ فى التربة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة يتم امتصاصه داخل أنسجة النباتات بواسطة الجذور وبالتالى ينتقل إلى الإنسان الذى يتغذى على هذه النباتات. وقد وجد أن مركبات الزرنيخ العضوية لا تسبب أمراض السرطان أو تعطل د.ن.أيه ولكن التعرض لتركيزات عالية منها قد يؤدى إلى تأثيرات صحية مختلفة مثل تلف الأعصاب وآلام بالمعدة فى حين أن التعرض لمركبات الزرنيخ الغير العضوية بسبب النقص فى تكوين خلايا الدم الحمراء والبيضاء وتهيج المعدة وتغير لون الجلد وتهيج الرئتين والتعرض لتركيزات عالية منها قد يزيد فرصة الإصابة بالسرطان.

ب- الرصاص

بالإضافة إلى ما ذكر عن أعراض التسمم بالرصاص فى باب تلوث المياه" يوجد الرصاص طبيعيا بنسبة تتراوح ما بين 15 إلى 40 جم لكل كجم من التربة. ولكن تلوث التربة بالرصاص فى التربة بنسبة عالية جدا قد تصل إلى حوالى عدة آلاف من المليجرام لكل كيلوجرام من التربة وهذه نسبة عالية جدا تؤدى إلى أضرار خطيرة بصحة الإنسان. بالرغم من أن الرصاص استخدم منذ فترة طويلة على هيئة مركب رباعى إيثيل الرصاص فى بنزين السيارات كمضاد للفرقعة وعلى هيئة زرنيخات الرصاص لمبيد فطرى وقد تم منع استخدام هاتان المادتان الآن إلا أن هناك تركيزات عالية من الرصاص مازالت موجودة فى التربة منذ عدة مئات السنين وحتى الآن. وهذا يعنى أن سوء الاستخدام فى الماضى يؤثر على الحاضر والمستقبل.

ج- النيتروجين

النيتروجين عنصر هام جدا يدخل فى كثير من المواد التى يحتاجها النبات ويساعد على القيام بالعمليات الحيوية المختلفة ومن أهم مركبات النيتروجين أيون النترات وهو أيون يذوب فى الماء بدرجة كبيرة ولكنه قليل النشاط الكيميائى لذلك فإنه محدود التأثير المباشر على صحة كلا من الإنسان والحيوان ولكن تأثير النترات يكمن فى عملية اختزاله إلى أيون النتريت – بفقد ذرة أكسجين – وبالرغم من أن كمية النتريت المتكون بهذه الطريقة صغيرة إلا أن له تأثيرات

شديدة على صحة الإنسان فعندما يوجد أيون النترات فى جسم الإنسان فإنه يتفاعل مع هيموجلوبين الدم، الذى يحتوى على أيون الحديدوز، بطريقة ما ليكون ما يسمى بالميثموجلوبين، الذى يحتوى على أيون الحديديك. وأكسدة الحديدوز إلى حديديك تؤدى إلى عدم قيام الدم بوظيفته وهى نقل الأكسجين من الرئتين إلى أجزاء الجسم الأخرى وبذلك تؤدى إلى موت بعض الخلايا وهو ما يسمى بتسمم الدم. وزيادة تسمم الدم فى الجسم يؤدى إلى وفاة الإنسان. ولا يقتصر تأثير أيون النترات على تسمم الدم فقط بل إنه يتفاعل مع الأحماض الامينية الموجودة فى جسم الإنسان مكونا مركبات تعرف بالنتروزامين التى لها تأثير سام على الجسم وممكن أن تكون ضمن الأسباب التى تؤدى إلى حدوث الأورام الخبيثة.

ومما تجدر الإشارة إليه، أن أيون النتريت يدخل إلى جسم الإنسان عن طريق مياه الشرب والأغذية المحفوظة بالإضافة إلى النباتات. ولتقليل الأخطار الناتجة عن أيون النتريت يجب التحكم فى المصادر التى تؤدى إلى وجوده فى البيئة مثل مياه الشرب والأغذية المحفوظة حتى يتسنى لنا الوصول إلى النسبة المقرر وجودها فى جسم الإنسان والتى لا تؤدى إلى الضرر، ومن المعلوم أن هذه النسبة يمكن أن تختلف من بلد إلى بلد ومن جسم الطفل إلى جسم الإنسان البالغ ولكن فى النهاية لا تسبب تأثيرا على صحة الإنسان والحيوان. وكما يتضح من الجدول (6-2)، فإن النترات وباقى العناصر الأخرى لها قيم قياسية عامة يجب العمل على الحفاظ عليها حتى لا تؤدى إلى تلوث التربة الأمر الذى يؤدى إلى الضرر بصحة الإنسان والحيوان.

جدول (6-2): القيم القياسية للايونات التى لا تؤدى إلى حدوث التلوث.

الايون أو الفلز	مدى القيمة القياسية للتركيز (مجم/لتر)	الظروف الدوانية لهذا المدى
أيون الفلزات (NO_3^-)	400-100	طبقا لنوع النبات وفترة نموه
أيون الأمونيا– نيتروجين (N-NH_4)	50-30	فى حالة الرى بالتنقيط
الفوسفور (P)	20-10	طبقا لنوع النبات وفترة نموه
البتاسيوم (K^+)	250-100	طبقا لنوع النبات وفترة نموه
الكالسيوم (Ca^{2+})	110-70	طبقا لنمو النبات
الماغنسيوم (Mg^{2+})	50-30	طبقا لنمو النبات

د- الفوسفور

عنصر اساسى لنمو النبات، فهو يؤدى إلى سرعة نمو النبات فى مراحل نموه الأولى والفوسفور يوجد فى التربة على هيئة مركبات عضوية وغير عضوية

بالإضافة إلى وجوده من المخصبات الزراعية. والفوسفور فى المواد العضوية يتواجد منفردا فى التربة بعد تحرره من هذه المركبات عندما تتكسر بواسطة الميكروبات الموجودة فى التربة. وقد لوحظ أن عملية التكسر هذه تعتمد على درجة حرارة التربة ومدى قدرتها على تسرب المياه الموجودة بها.

وفى حالة المركبات الغير عضوية فإن الفوسفور يكون سالب الشحنة فى معظم أنواع التربة. لذلك فهو يتفاعل مع الأيونات الموجبة الموجودة مثل أيونات الحديد (Fe)، والالومنيوم (Al)، والكالسيوم (Ca)، ليكون مركبات قليلة الذوبان فى الماء كما يؤدى إلى ترسيب الفوسفور وبقائه فى التربة لفترات طويلة، وهذا يعكس أيون النترات (NO_3^-) السالب الشحنة أيضا ولكنه يكون مركبات معقدة سريعة الذوبان فى الماء مما يؤدى إلى عدم ترسيبه فى التربة لفترات طويلة، وقد وجد أن ذوبانية المركبات الغير عضوية للفوسفور تعتمد على قيمة الاس الهيدروجينى (pH) للتربة.

وأثبتت التجارب أن عنصر الفوسفور يوجد مفردا ويكون متاحا للنبات ليستخدمه فى نموه عندما تكون قيمة pH التربة بين 6 و 7 فإذا كانت قيمة pH التربة أقل من 6 فإن الفوسفور يترسب على هيئة فوسفات ألمونيوم وعندما تكون قيمة pH التربة اقل من 5 (أكثر حموضة) فإن الفوسفور يترسب على هيئة فوسفات حديد. ولكن عندما تكون التربة أكثر قلوية أى قيمة pH أكثر من 7 فإن الفوسفات يترسب على هيئة فوسفات كالسيوم.

الآثار السلبية لتلوث التربة بالفوسفور

مما سبق يتضح أن زيادة نسبة التلوث بعنصر الفوسفور فى التربة قد تؤدى إلى ترسيب (عدم إتاحتها للنبات) بعض العناصر الهامة التى يحتاج إليها النبات فى مراحل نموه المختلفة مما يتسبب فى قلة إنتاج المحاصيل الزراعية المختلفة. كذلك فإن زيادة كمية مركبات الفوسفور الذائبة فى التربة عن القدر الذى يحتاجه النبات فى نموه قد تصل إلى المياه الجوفية أو إلى مياه الشرب السطحية عن طريق مياه الصرف الزراعى. لذلك يجب أخذ الاحتياطات اللازمة للعمل على التوازن بين كمية الفوسفور الذى يحتاجه النبات وبين كمية المخصبات الزراعية المستخدم فى الفوسفات.

ثانيا: الملوثات العضوية للتربة

من أهم الملوثات العضوية للتربة المبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب ومركب البنزين الأروماتى والمركبات الحلقية والتى تحتوى على زوج من الروابط الثنائية ومركبات ثنائى ومركبات ثنائى الفينيل عديدة الكلور ومركبات

الفوسفات العضوية والمذيبات العضوية المحتوية على الكلور. وقد وجد أن تعرض الإنسان لهذه المركبات يؤدى إلى حدوث أعراض كثيرة، مثل: الصداع والغثيان والإرهاق بالإضافة إلى الآثار الخاصة الذى يسببها كل مركب. ويوضح الجدول (6-3) الآثار المرضية التى تسببها هذه الملوثات.

وعموما فإن تعرض الإنسان إلى جرعات زائدة من هذه الملوثات يؤدى إلى حدوث الوفاة.

جدول (6-3): الملوثات العضوية للتربة وأهم الآثار المرضية التى تسببها.

الملوث العضوى	آثاره على صحة الإنسان
المبيدات الحشرية ومبيدات الاعشاب	تسبب أمراض السرطان
البنزين العطرى (الاروماتى)	يسبب مرض اللوكيميا وهى ابيضاض الدم وذلك عندما يتعرض الإنسان له لفترة طويلة
المركبات الحلقية المحتوية على زوج من الروابط الثنائية	ينتج عنها أضرارا كثيرة بكلية الإنسان
المركب ثنائى الفينيل عديدة الكلور	ترتبط بأسباب تسمم الكبد
المذيبات العضوية المحتوية على الكلور	تسبب تغيرات فى كل من الكبد والمعدة وتؤدى إلى حدوث اكتئاب الجهاز العصبى المركزى

الخواص البيئية لملوثات التربة

تنقسم الملوثات فى التربة إلى نوعين ملوثات عضوية وملوثات غير عضوية وقد سبق الحديث عن أنواعهما. وقد لوحظ أن نسبة كبيرة من الملوثات العضوية يمكن أن تتكسر فى التربة على فترات زمنية مختلفة وذلك بسبب فعل البكتريا والكائنات الدقيقة. (biotic reactions) أو بسبب التفاعلات الكيميائية (a biotic reactions) مثل التحلل المائى والأكسدة والاختزال والتكسير الضوئى بواسطة ضوء الشمس. ولكنه قد لوحظ أن بعض من هذه الملوثات العضوية تظل فى التربة لفترات طويلة جدا وسمية بالملوثات دائمة الوجود وفى حالة الملوثات الغير عضوية مثل المعادن فإنها تتكسر لتصل إلى الصورة العضوية ويستمر وجودها على هيئة عناصر فى التربة. ومما سبق يتضح أن الملوثات الغير عضوية يستمر وجودها فى التربة فترة زمنية أطول من الملوثات العضوية.

توزيع ملوثات التربة بين الأنظمة البيئية المختلفة

مما سبق يتضح أن الملوثات المختلفة الموجودة فى التربة لا تؤثر على التربة والنبات فقط، ولكن أثرها ينتقل إلى الأنظمة البيئية المختلفة، مثل: الخلاف المائى

(المياه الجوفية والسطحية) والغلاف الجوى (الهواء) وأجسام الكائنات الحية (الميكروبات والكائنات الدقيقة).

أولا: توزيع الملوثات بين التربة وبين الغلاف الجوى (الهواء)

من أهم العمليات التى يتم بها توزيع الملوثات بين التربة والهواء هى عملية التطاير (volatilization) وهى عملية يتم فيها تحويل المادة الكيميائية الملوثة من الحالة الصلبة أو السائلة إلى الغازية وذلك بارتفاع درجة الحرارة التى تؤدى إلى ارتفاع الضغط البخارى لهذه المادة.

كيفية حدوث عملية التطاير فى التربة

تطاير مباشر من التربة إلى الهواء

قد لوحظ أن المادة الملوثة تنتقل من الأجزاء الصلبة للتربة إلى المحتوى المائى للتربة بعد ذلك تتطاير إلى طبقات الهواء الجوى عندما ترتفع درجة حرارتها.

تطاير غير مباشر من النبات إلى الهواء

وفى هذه الحالة يتم امتصاص المواد الملوثة أولا بواسطة النبات من التربة ثم تتجمع هذه الملوثات فى أجزاء النبات المختلفة مثل الأوراق. وبارتفاع درجات الحرارة يتم تطاير الملوثات من أوراق النبات إلى طبقات الهواء الجوى.

العوامل التى تتوقف عليها عملية التطاير

1- الصفات الملازمة للمادة Inherent properties

هى الصفات التى تتميز بها المادة مثل الوزن الجزئى وخاصية القطبية وكذلك الصفات الأخرى التى تتحكم فى قيمة الضغط البخارى للمادة.

2- خواص التربة Soil properties

هى الخواص التى تؤثر على تطاير المادة من التربة، مثل:

أ- كمية المواد العضوية التى تحتوى عليها التربة

وزيادة هذه الكمية فى التربة أكثر قدرة على ذوبانية الملوثات الموجودة بها وبالتالى تقلل عملية تطايرها إلى الهواء.

ب- المحتوى المائى للتربة

وهى كمية الماء التى تحتوى عليها كل تربة وزيادة المحتوى المائى يؤدى إلى ارتفاع معدل البخر لهذا الماء وبالتالى يساعد على زيادة معدل تطاير المواد الملوثة الذائبة فيه.

3- الظروف البيئية

وهى الظروف الطبيعية للبيئة المحيطة بالتربة مثل درجة الحرارة وسرعة الهواء. ومن الملاحظ أن الزيادة فى قيمة كل منهما تؤدى الى زيادة عملية تطاير المواد الملوثة. وهناك عدة معادلات وقوانين تصف كيفية حدوث عملية التطاير ولا يسع المجال لذكرها فى هذا المحتوى.

ثانيا: توزيع الملوثات بين التربة والمياه

يتم توزيع ملوثات التربة بينها وبين المياه الجوفية أو المياه السطحية بعملية تسمى التذويب المائى بالملوثات وهى عملية يتم فيها تذويب المادة الملوثة القابلة للذوبان فى الماء، وبزيادة تركيزهما فى الماء الجوفية والمياه السطحية مما يؤدى الى تلوثها.

ثالثا: توزيع الملوثات بين التربة والكائنات الحية الدقيقة

من المعلوم أنه يوجد أنواع مختلفة من الكائنات الحية الدقيقة فى التربة مثل البكتريا والديدان وغيرهما. ويتم انتقال الملوثات الى الكائنات الحية كالتالى:

تنتقل الملوثات اولا من التربة الى المحتوى المائى كما سبق شرحه، ثم بعد ك تنتقل من المحتوى المائى الى الكائن الحى وذ لـك باعتبار أن الجزء الدهنى فى الكائن الحى هو المادة التى لها القدرة على امتصاص المواد الملوثة التى لا تذوب فى الماء، وهذه المواد تعرف بالليبوفيلك (lipophilic) أى المواد المحبة للوسط الدهنى. وعن طريق هذه الخصية للجزء الدهنى يتم تجمع الملوثات داخل الكائن الحى وبذلك يحدث التوزيع للملوثات بين التربة والكائنات الحية. ويحكم هذه العملية معامل يسمى معامل التجمع الحيوى (Bioacumulation Factor). ويتضح مما سبق ان انتشار الملوثات الموجودة فى التربة بينها وبين الانظمة البيئية المختلفة يعمل على وجود فرصة كبيرة لانتقالها الى جسم الانسان مما يؤدى الى حدوث أضرارا كثيرة.

البدائل المختلفة لعملة تنظيف التربة من الملوثات

نتيجة لزيادة كمية الملوثات فى التربة وتنوعه وكذلك نتيجة الزيادة الكبيرة فى أعداد مواقع التربة التى تم تلوثها خلال دول العالم المختلفة، فقد أدى ذلك الى محاولة الوصول الى بعض الطرق التى يتم بها تنظيف التربة.

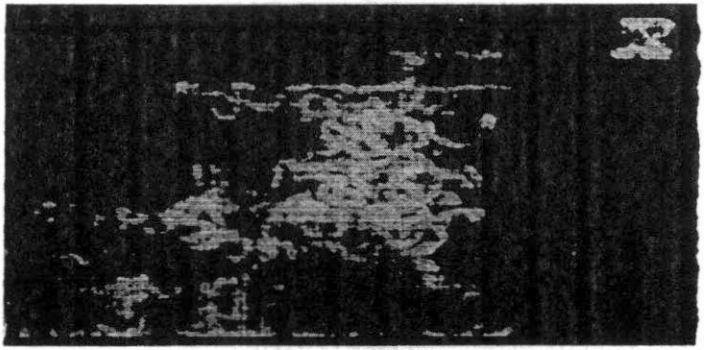
هناك استراتيجيات مختلفة تم تطبيقها فى بعض الدول نذكر منها ما يلى:

1- عملية تجريف طبقة التربة الملوثة وإزالتها إلى أماكن تبعد كثيرا عن الأماكن الذى يتواجد فيها الإنسان.

2- العمل على تهوية التربة جيدا، وفى هذه الطريقة يتم تهوية التربة جيدا ليتخللها نسبة كبيرة من الاكسجين يمكن أن تؤكسد بعض الملوثات. مع الأخذ فى الاعتبار أن هذه الطريقة يمكن أن تؤدى الى تلوث الهواء.

3- استخدام الكائنات الدقيقة لإزالة الملوثات (Bioremediation)، وفى هذه الطريقة يتم استخدام أنواع من الكائنات الحية الدقيقة لتقوم بالتغذية على بعض ملوثات التربة وبالتالى يتم تكسيرها بالهضم داخل جسم الكائن الحى وتحويلها الى مواد غير ملوثة. ويوضح الشكل (6-4) بعض الميكروبات المستخدم فى إزالة الملوثات.

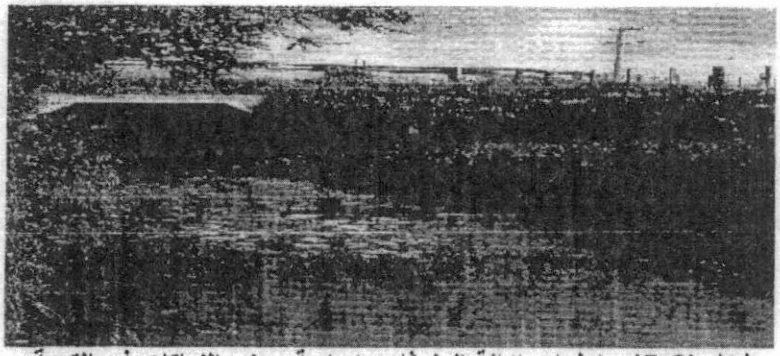
4- حصر وإحتواء ملوثات التربة فى مكانها لمنعها من الانتشار وهذه الطريقة تستخدم فى المواقع التى تم تلويثها ويتوقع استخدامها كأماكن خدمية للسكان والطرق العامة. ويتم احتواء هذه الملوثات برصف هذه التربة أو بوضع أنواع معينة من البلاط عليها.



شكل (6-4): بعض الميكروبات المستخدمة فى إزالة الملوثات من التربة.

5- استخلاص المياه الجوفية أو بخار التربة بواسطة نظام كهروميكانيكى نشط يسمح باستخلاص الملوثات منها.

6- إزالة الملوثات بزراعة بعض النباتات فى التربة (Phemtoremedation) وفى هذه الطريقة يتم زراعة أنواع معينة من النباتات ثم يتم حصد هذه النباتات ويستخلص منه المعادن ليتم إعادة استخدامها. والشكل (6-5) يوضح خطوات هذه الطريقة.



شكل (6-5): خطوات إزالة الملوثات بزراعة بعض النباتات فى التربة.

وفى هذه الطريقة، تحدث الاحتمالات الاتية:

أولا: بعض الملوثات العضوية يمكن أن تتغذى عليها بعض الكائنات الحية الدقيقة كالبكتريا والديدان التى تعيش فى التربة بالقرب من الجذور وتقوم بهضم هذه الملوثات وتحويلها الى مواد غير ملوثة.

ثانيا: بعض الملوثات العضوية تمتص بواسطة جذور النباتات التى تتجمع فى أوراق النبات ويتم تطايرها الى الهواء (مع الأخذ فى العلم أن هذا ممكن أن يؤدى الى تلوث الهواء) ولكن على الاقل يتم تخفيف تركيز هذه الملوثات فى المحيط الواسع للهواء الجوى.

ثالثا: فى حالة الملوثات الغير عضوية مثل المعادن يتم امتصاصها بواسطة جذور النباتات ويتم تجميعها فى أماكن معينة فى سيقان وأوراق هذه النباتات يتم حصد هذه النباتات لاستخلاص هذه المعادن منها وبذلك يمكن إعادة استخدام الملوثات وتحويلها الى مواد مفيدة.